

## ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНОМАЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Колотовкина А.Ю., Степура Л.В., И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
ayk9@tpu.ru, lvs6@tpu.ru

В начале XXI столетия в отдельных регионах земного шара произошел ряд неблагоприятных климатических явлений (смерчи, засухи, наводнения, снегопады, ливни и т.д.), все это вызвало большие экономические, социальные и экологические последствия. В связи с этим сильно повысился интерес к проблемам изменения климата, которые обуславливаются естественными факторами и факторами которые возникают под влиянием человека. Согласно климатической доктрине России проблема изменений климата стала составной частью обеспечения национальной безопасности страны. Несмотря на достигнутые успехи в понимании физических и химических основ климатических изменений, современная климатология еще не в состоянии дать точный и надежный ответ на вопрос: какая главная причина современного изменения климата, и как оно будет развиваться в ближайшем будущем.

Температура воздуха подвержена значительным годовым, синоптическим и суточным изменениям, а также зависит от характера подстилающей поверхности, ее мезо- и микромасштабных особенностей, поэтому в качестве показателя, более чувствительного к крупномасштабным и локальным изменениям циркуляции, были использованы характеристики влажности воздуха, с которыми связаны изменения климата на территории Сибири.

В данной работе описывается исследование возможности использования комплексных температурно-влажностных характеристик для диагностики региональных изменений климата Сибири. Точнее, в качестве района исследования был выбран Сибирский сектор (60° в.д. - 119° в.д.). Для оценки пространственного масштаба выявленных аномалий дополнительно выполнены расчеты по соседним секторам: Европейскому (0 - 59° в.д.) и Дальневосточному (120° в.д. - 169° в.д.).

В качестве показателя аномальности температурно-влажностного режима был использован индекс К, предложенный Н.А. Багровым. Это безразмерное среднее нормированное значение аномалии (А), которое определяется через отношение месячной (годовой) аномалии метеорологической величины к ее среднему квадратическому отклонению ( $\sigma$ ) и характеризует интенсивность очагов аномалий разных знаков на рассматриваемой территории:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{A_n^2}{\sigma_n^2}$$

Если значение индекса К равно единице, то на рассматриваемой территории в каждом узле сетки абсолютное значение аномалии равно

естественной изменчивости. Нормирование позволяет исключить влияние сезонности и географической широты на рассматриваемые величины. Для определения площади, занимаемой аномалией того или иного знака, был использован параметр Р, предложенный Н.Н. Мякишевой, который указывает не только на знак, преобладающий в аномалиях, но и на относительную величину площади, занятой этой аномалией:

$$P = \frac{n_+ - n_-}{N}$$

где  $n_+$  - число точек с положительной аномалией,  $n_-$  - число точек с отрицательной аномалией, N - общее число точек (узлов сетки) на рассматриваемой территории.

Таблица 1. Соответствие значений индекса Р процентному соотношению суммарных площадей аномалий противоположных знаков на рассматриваемой территории

P	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1
$S_+$ (%)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$S_-$ (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_-$ (%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В многолетних изменениях индексов аномальности средних годовых значений приземной температуры и удельной влажности воздуха, удалось выделить два аномальных циркуляционных периода (рисунок 1):

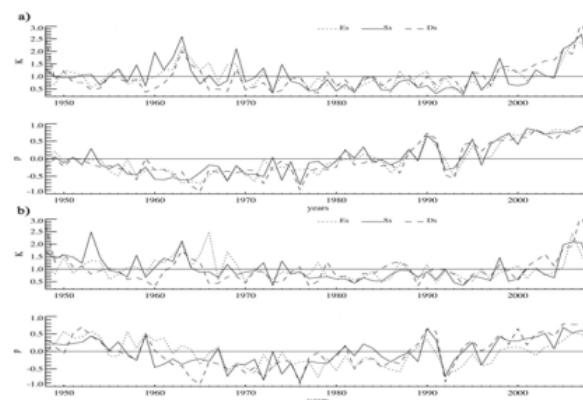


Рис.1. Изменение индексов аномальности (К и Р) средних годовых значений температуры (а) и удельной влажности воздуха (б) у поверхности Земли в Европейском (Es), Сибирском (Sb) и Дальневосточном (Ds) секторах.

1) 1957-1969 гг. (I), когда более 80% площади Сибирского сектора было занято отрицательными аномалиями температуры и удельной влажности воздуха;

2) с 1999 г. - по настоящее время (IV), когда практически вся территория Евразии, включая регион исследования, была занята положительными аномалиями средних годовых значений температуры и удельной влажности воздуха.

Для оценки степени тесноты линейной связи между индексами аномальности метеорологических величин на разных высотах была построена корреляционная матрица межуровневых значений коэффициентов парной корреляции, рассчитанных по средним месячным значениям индексов аномальности температуры, удельной и относительной влажности воздуха в Сибирском секторе за период 1948-2016 гг.

В целом, наиболее высокий уровень корреляционной связи ( $r=0,55$ ) установлен между индексами аномальности температуры ( $t$ ) и удельной влажности воздуха ( $q$ ) - температурно-влажностный комплекс ( $t-q$ ). Далее по степени тесноты линейной связи ( $r=0,47$ ) следует коррелированность значений индексов аномальности средних месячных величин удельной и относительной влажности воздуха ( $f$ ) - влажностный комплекс ( $q-f$ ) и практически отсутствует линейная корреляционная зависимость между индексами аномальности температуры и относительной влажности воздуха ( $t-f$ ).

В качестве показателя изменчивости температурно-влажностного режима в Сибирском секторе были рассчитаны величины среднего квадратического отклонения индексов аномальности ( $\sigma_k$ ) и ( $\sigma_p$ ) в период 1948-2016 гг. (рисунок 2).

Характеристика	Уровень			
	Земля	АТ-850 гПа (1,5 км)	АТ-500 гПа (5 км)	АТ-300 гПа (9 км)
индекс К				
температура воздуха	0,69 (0,09)	0,58 (0,07)	0,63 (0,08)	0,83 (0,11)
удельная влажность	0,48 (0,06)	0,49 (0,06)	0,75 (0,10)	0,71 (0,09)
относительная влажность	0,40 (0,05)	0,37 (0,05)	0,46 (0,06)	0,55 (0,07)
индекс Р				
температура воздуха	0,50 (0,06)	0,46 (0,06)	0,45 (0,06)	0,60 (0,08)
удельная влажность,	0,38 (0,05)	0,36 (0,05)	0,45 (0,06)	0,64 (0,08)
относительная влажность	0,31 (0,04)	0,27 (0,03)	0,39 (0,05)	0,63 (0,08)

Рис. 2. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) и его средняя ошибка для индексов аномальности (К и Р) средних месячных значений температуры и влажности воздуха на разных высотах в Сибирском секторе за период 1948-2016 гг.

Выявлено, что наибольший разброс характерен для индексов аномальности температуры и удельной влажности воздуха, особенно в верхней тропосфере (9 км), а наименее изменчивы во времени межгодовые значения индексов аномальности относительной влажности воздуха, особенно на уровне АТ-850 гПа (1,5 км).

На основе спектрального анализа обнаружено, что в изменении индексов аномальности

температуры и влажности воздуха на территории Сибирского сектора отчетливо выделяются два вида колебаний: короткопериодные вариации (менее года и от года до 12-15 лет) и циклические колебания (20-30 лет). Наиболее интересным оказалось наличие в вариациях индексов температурно-влажностного режима на территории Сибири хорошо выраженных возмущений с периодами 2-7 лет, совпадающих с периодичностью южных типов атмосферных процессов, частота которых возросла именно в последнюю (южную меридиональную) эпоху циркуляции.

В наблюдаемых в ходе работы изменениях температурно-влажностного режима на территории Сибирского региона хорошо прослеживается уровень корреляционной связи между аномалиями температуры и удельной влажностью воздуха. Это отчетливо проявляется в нижней части тропосферы и определяет существенную роль адвективных и вихревых факторов в формировании особенности климата Сибирского региона.

#### Список использованных источников

1. Анисимов О.А. Современные изменения климата в области высоких широт Северного полушария/ О.А. Анисимов, М.А. Белолудкая, В.А. Лобанов // Метеорология и гидрология. 2003. - №1. - С. 18-30.
2. Груза Г. В. Оценка предстоящих изменений климата на территории Российской Федерации / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. -2009. № 11. -С. 15-29.
3. Платова Т. В. Годовые экстремумы температуры воздуха на территории Российской Федерации и их климатические изменения / Т.В. Платова // Метеорология и гидрология. -2008. №11.- С. 80-85.
4. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / Под ред. С.Д. Кошинского, А.Д. Дробышева.- Л.: Гидрометеиздат,1986.- ч.П. 237 с.
5. Мякишева Н.Н. Аномальность полей средней месячной температуры и их межмесячная изменчивость / Н.Н. Мякишева // Труды Гидрометцентра СССР. -1973.-Вып. 106. -С. 32-49.
6. Мохов И.И. Российские климатические исследования в 2003-2006 гг./ И.И. Мохов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана,- 2009. - Т.45.- №2. - С.180-192.